



HEILONGJIANGSHENG BANGANHANQU
SHUITU ZIYUAN KECHIXU LIYONG YANJIU

黑龙江省半干旱区 水土资源可持续利用研究

付强 姜秋香 焦立国 彭胜民 姜宁 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

黑龙江省半干旱区 水土资源可持续利用研究

付强 姜秋香 焦立国 彭胜民 姜宁 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以黑龙江省半干旱区的齐齐哈尔市为例，以水土资源的可持续利用为目标，以系统工程理论为研究方法，在分析该区水土资源开发利用现状的基础上，对该区的水土资源动态变化规律、多时间尺度特性、水资源供需平衡和粮食增产潜力进行了分析，并对水土资源承载力进行了评价；在田间试验和数据分析的基础上，选择和设计了适合研究区域的旱田节水灌溉技术模式和精准灌溉方案，并提出了非充分灌溉条件下水稻水分生产函数和灌溉制度；将复杂适应系统理论引入到水土资源系统分析中，通过对种植结构调整的水资源优化配置模型的构建和求解，提出水资源系统效益协调度较高的区域种植结构调整方案。

本书针对研究区域水土资源开发利用中存在的诸多问题，从作物、土壤、种植结构、节水灌溉技术、资源供需平衡、粮食安全等多个角度对水土资源进行了系统的分析，并提出符合区域特点的水土资源可持续利用的措施和技术手段，为区域的粮食生产和资源的可持续利用提供理论指导和技术支持。

本书可供从事农业水土工程、水文水资源、环境工程、系统工程、管理科学及其他相关专业的教学、科研及管理人员学习、参考。

图书在版编目（C I P）数据

黑龙江省半干旱区水土资源可持续利用研究 / 付强
等著. — 北京：中国水利水电出版社，2010.12
ISBN 978-7-5084-8159-3

I. ①黑… II. ①付… III. ①干旱区—水资源—资源
利用—研究—黑龙江省②干旱区—土地资源—资源利用—
研究—黑龙江省 IV. ①TV213.2②F327.35

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第239404号

书 名	黑龙江省半干旱区水土资源可持续利用研究
作 者	付强 姜秋香 焦立国 彭胜民 姜宁 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 18印张 427千字
版 次	2010年11月第1版 2010年11月第1次印刷
印 数	001—800册
定 价	56.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

水资源和土地资源（简称水土资源）是农业生产的核心资源，是粮食生产的必要保障，二者的可持续利用将直接影响区域农业的可持续发展。随着我国人口数量的不断增加和社会经济的快速发展，农业面临着巨大的农产品需求压力；与此同时，工业化和城市化发展进程的加快，使农业水土资源表现出挤占、短缺和区域性结构破坏等资源非持续性利用问题，将直接威胁国家和区域的粮食生产安全。因此，水土资源的可持续利用是我国农业可持续发展的必要保障。

面对日益缺乏的水土资源，黑龙江省半干旱区的水土问题也日益突出。作为重要的商品粮基地，面对严重的季节性干旱和土壤质量下降的现状，有效的解决途径是在了解水土资源利用现状和存在问题的前提下，提出符合区域特点的节水灌溉技术、种植结构调整方案、水土资源优化配置方案等措施，以此提高水土资源利用效率和保障资源的可持续利用。为此，本书以黑龙江省半干旱区的齐齐哈尔市为研究区域，以水土资源的可持续利用为目标，以资源的可持续发展为指导思想，以系统工程理论为研究方法，以田间试验为技术手段，研究了该地区水土资源的一系列问题，并提出保障水土资源可持续利用的措施和技术手段，为该地区的粮食综合生产能力的提高和资源的可持续利用提供理论指导和技术支持。

全书共分 13 章，第一章为可持续发展和资源的可持续利用概述，由付强负责撰写；第二章、第三章和第四章分别介绍了研究区域概况、水资源和耕地资源的开发利用现状，并对水资源安全和耕层土壤质量进行了评价，以期了解水土资源的数量和质量，由姜秋香、焦立国、姜宁负责撰写；第五章采用多种预测方法分

别对研究区域的降雨量、地下水埋深、径流量和耕地面积进行预测，了解其未来的发展变化趋势，为科学合理的水土资源开发利用方案的制定提供数据支持，由彭胜民负责撰写；第六章采用小波变换对研究区域的降水量、径流量和耕地面积进行多时间尺度特性分析，揭示其在不同时间尺度下的小波变换时频特征及其变化的周期规律，由彭胜民、李天霄负责撰写；第七章通过对社会经济发展和需水的预测，分别对现状供水能力和开源节流下的水资源供需平衡进行分析，提出解决水资源供需矛盾的措施，并对具有区域特点的灌区进行水资源供需平衡分析，提出灌区水资源优化调度方案，由姜宁、焦立国、时启军负责撰写；第八章在对粮食增产的影响因子进行分析和评价的基础上，预测研究区粮食增产潜力，并提出粮食增产的合理性建议，由彭胜民负责撰写；第九章对水资源承载力和水土资源综合承载力进行评价，提出提高区域水土资源综合承载力的措施，由付强、姜秋香负责撰写；第十章对不同的节水灌溉技术进行综合评价，选择适合研究区域的节水灌溉技术模式由付强、焦立国负责撰写；第十一章将精准灌溉的节水管理模式引入到研究区域，通过对耕层土壤水分空间变异规律研究、灌溉管理分区的划分和灌溉方案的设计，提出精准灌溉的实施方案，为研究区域的旱田节水提供先进的灌溉技术，由姜秋香、彭胜民负责撰写；第十二章对研究区域内耗水量较高的水稻进行非充分灌溉试验研究，通过对水稻生理生态指标的测定和分析，提出非充分灌溉条件下的水稻水分生产函数和灌溉制度，为研究区域的水田节水灌溉提供理论支撑，由付强、李天霄负责撰写；第十三章将复杂适应系统理论引入到水土资源系统分析中，通过对种植结构调整的水资源优化配置模型的构建和求解，提出水资源系统效益协调度较高的区域种植结构，由付强、李天霄、时启军负责撰写。

本书是作者近6年相关研究工作的总结，在总结多年科研经验的基础上，针对研究区域水土资源可持续利用存在的问题进行系统的归纳和分析，并采用多种数学方法进行建模和求解，为该领域提供了新的研究思路与研究模式。本书的研究成果可为黑龙江省半干旱区的水土资源利用、粮食生产、种植结构的调整、精准灌溉的实施等提供技术支持，研究思路可供其他地区同类研究参考与借鉴。本书可为广大在读研究生、科研工作者解决农业实际问题提供参考。

本书作者参考和引用了大量国内外学者的有关论著，吸收了同行们的辛勤劳动成果，并从中得到了很大的教益与启发，在此谨向各位学者表示衷心的感谢！同时还要感谢东北农业大学硕士贺延国、季飞、刘旭、王克全在全

书编写过程中付出的努力。

由于本书是对黑龙江省半干旱区水土资源可持续利用研究的一次大胆尝试，加之著者水平有限，书中难免存在一些不足之处，恳请同行专家和广大读者提出宝贵的意见和建议。

本书得到黑龙江省普通高校新世纪优秀人才培养计划（1155 - NCET - 004）、国家“十一五”科技支撑计划子课题（2009BADB3B0205）、教育部高等学校博士学科点专项科研基金（20092325110014）、黑龙江省科技攻关项目（GB06B106 - 7）、东北农业大学科技创新团队项目（CXT001 - 2 - 4）、黑龙江省高等学校节水农业重点实验室的联合资助。

著 者

2010年3月

目 录

前言

第一章	概论	1
	第一节 可持续发展理论	1
	第二节 21 世纪中国的可持续发展	3
	第三节 水土资源的可持续利用	5
	参考文献	8
第二章	研究区域概况	10
	第一节 自然概况	10
	第二节 社会经济概况	14
第三章	水资源利用及评价	17
	第一节 水资源概况	17
	第二节 水资源开发利用	18
	第三节 水资源安全评价	21
	参考文献	27
第四章	耕地资源利用及评价	28
	第一节 耕地利用动态分析	28
	第二节 有效灌溉面积分析及其预测	32
	第三节 耕层土壤质量评价	38
	参考文献	45
第五章	水土资源动态变化规律研究	46
	第一节 基于 BP 神经网络的降水量变化规律研究	46
	第二节 基于改进的 GM (1, 1) 模型的地下水动态变化规律研究	52
	第三节 基于偏最小二乘回归的年径流量预测	57
	第四节 基于小波随机耦合模型的耕地面积预测	62
	参考文献	69
第六章	水土资源多时间尺度特性分析	71
	第一节 小波分析原理	71
	第二节 降水量多时间尺度分析	73
	第三节 径流量多时间尺度分析	79
	第四节 耕地面积多时间尺度分析	84
	参考文献	87
第七章	水资源供需平衡分析	88
	第一节 社会经济发展预测	88

第二节	需水预测	96
第三节	以现状供水能力为基础的第一次供需平衡分析	103
第四节	基于开源节流的第二次供需平衡分析	108
第五节	水资源支撑能力评价	114
第六节	灌区水资源供需平衡分析及其优化调度	120
	参考文献	133
第八章	粮食增产潜力分析	135
第一节	粮食增产潜力影响因子分析	135
第二节	粮食增产潜力影响因子评价	141
第三节	粮食增产潜力预测	145
	参考文献	148
第九章	水土资源承载力综合评价	149
第一节	水资源承载力评价	149
第二节	水土资源承载力综合评价	156
	参考文献	163
第十章	节水灌溉技术综合评价	165
第一节	节水灌溉的内涵及其技术体系	165
第二节	节水灌溉技术综合评价指标体系的构建	167
第三节	节水灌溉技术综合评价方法	175
第四节	节水灌溉技术综合评价	182
	参考文献	194
第十一章	精准灌溉研究	195
第一节	耕层土壤水分特性空间变异规律分析	195
第二节	精准灌溉管理分区的划分	205
第三节	采样方案的设计及精准灌溉的实施	217
	参考文献	222
第十二章	水稻非充分灌溉试验研究	224
第一节	水稻非充分灌溉试验方案的设计	224
第二节	水稻需水规律及其影响因素研究	227
第三节	非充分灌溉对水稻生理指标及其产量的影响	235
第四节	非充分灌溉下的水稻水分生产函数研究	241
第五节	非充分灌溉下的水稻灌溉制度的优化	244
	参考文献	251
第十三章	种植结构调整及水资源优化配置研究	252
第一节	种植结构调整的农业水资源优化配置模型的构建	252
第二节	基于复杂适应系统理论的种植结构调整模型仿真	264
第三节	农业水资源优化配置系统的效益协调度评价	271
	参考文献	276

概 论

第一节 可持续发展理论

一、可持续发展的提出

20 世纪 80 年代，随着科技的进步、经济的高速发展和人口的剧增，资源的巨耗、环境的污染和生态的失调等问题日益凸现，并严重威胁着人类的生存与发展。特别是以全球变暖、臭氧层破坏、生物多样性消失等为代表的全球环境问题，终于使人们认识到：现行的社会经济发展模式已不再适应当今和未来的发展需要，必须寻找一条人口、经济、社会、环境和资源相互协调的发展之路。

可持续发展作为一个全球关注的问题，最早被提出可上溯到 20 世纪 80 年代初。针对当时国际上的三大问题：南北问题、裁军与安全问题、环境与发展问题，联合国于 1983 年成立了以当时的联邦德国总理勃兰特、瑞士首相帕尔梅、挪威首相布伦特兰夫人为首的世界环境与发展委员会（WCED），并对环境与发展问题进行了研究。经过长达 4 年的研究和充分论证，1987 年 4 月该委员会发表了长篇报告《我们共同的未来》，报告针对人类面临的重大社会、经济和环境问题提出了一系列政策和建议，并明确提出了“可持续发展”的概念：可持续发展是指“既满足当代人的需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展”。同时该报告也指出，“可持续发展”是 21 世纪世界各国正确协调人口、资源、环境与经济间相互关系的共同发展战略，是人类求得生存与发展的唯一途径，该报告的发表对可持续发展概念的形成和发展起到了重要的作用。1992 年里约热内卢环境与发展大会通过了有关人类社会发展与环境问题的一系列决议与文件，特别是《21 世纪议程》第一次将可持续发展由理论概念推向了行动，从此，可持续发展逐渐成为各国制定国民发展战略的中心议题和理论基点。

二、可持续发展的内涵

世界可持续发展理论体系的建立和完善，一直沿着经济学方向、社会学方向、生态学方向和系统学方向四个主要方向去揭示其内涵与实质。经济学方向是以区域开发、生产力布局、经济结构优化、物质和能量的供需平衡等作为基本内容；社会学方向是以社会公平、社会发展、社会分配、利益均衡等作为基本内容；生态学方向是以生态平衡、自然保护、资源的永续利用和环境容量的保持等作为基本内容。在上述三个主要方向的基础上，我国开创了可持续发展研究的第四个方向——系统学方向，该方向的特点是以综合协调的观点，去探索可持续发展的本源和演化规律，将“发展度、协调度、持续度三者的逻辑自洽和交集最大化”作为中心，有序的演绎可持续发展系统的时空耦合与互相制约、互相作

用的机理，建立了人与自然关系、人与人关系系统一解释的基础和识别规则^[1]。

可持续发展是一个包括人口、资源、环境和发展四位一体相协调的“自然—经济—社会”庞大系统。从可持续发展的概念来看，可持续发展的内涵十分丰富，涉及社会、经济、人口、资源、环境、科技和教育等各个方面，但究其实质是要处理好人口、资源、环境与经济的协调发展关系，其内涵主要包括以下三方面^[2]：

一是可持续（Sustainability）。任何一件事和物的可持续性需要在空间上和时间上永远地持续下去。人类社会的可持续性包括三个互相联系不可分割的子部分，即生态持续性、经济持续性和社会持续性。

二是可持续发展（Sustainable Development）。发展不仅包括经济的增长，更要保护环境和资源，不断提高资源的利用率，以满足人类持续发展的需要。

三是可持续利用（Sustainable Utilization）。它是指可再生资源的利用要保持在它的可更新的限度之内，这样才能永远地持续利用下去。非再生资源只能提高使用效率和使消耗降低到最低程度，或使用代用品延长其使用“寿命”。因此，非再生资源不在可持续利用之列。

可持续发展的最终目标为：①不断满足当代和后代的生产和生活对于物质、能量和信息的需求，即既从物质、能量等硬件的角度予以不断地提供，也从信息、文化等软件的角度予以不断地满足；②应体现公正、合理的代际原则去使用和管理属于全人类的资源和环境，同时每代人也要以公正、合理的原则来担负各自的责任，当代人的发展不能以牺牲后代人的发展为代价；③应体现均富、合作、互补、平等的区域原则，去促成空间范围内同代人之间的差距缩短，不应造成物质上、能量上、信息上甚至心理上的鸿沟，共同实现“资源—生产—市场”之间的内部协调和统一环圈；④创造“自然—经济—社会”支持系统的外部适宜条件，使得人类生活在一种更严格、更有序、更健康、更愉悦的内部环境之中，因此，应当将系统的组织结构和运行机制予以不断的优化^[1]。

三、可持续发展的支撑系统

决定可持续发展的水平，一般可由以下五个基本支撑系统及其间的复杂关系去衡量^[1,3-4]。

1. 基础支持系统——可持续发展评价的门槛

基础支持系统反映了资源的承载能力，是一个国家或地区按人口平均的资源数量和质量，以及它对于该空间内人口的基本生存和发展支撑能力。如果可以满足（要考虑资源的世代分配问题），则具备了可持续发展的初步条件；如不满足，则依靠科技进步挖掘替代资源，务求使“基础支持系统”保持在区域人口第一需求的范围之内。

2. 动力支持系统——引导可持续发展的动力

动力支持系统反映了区域的生产能力，是一个国家或地区的资源、人力、技术和资本可以转化为产品和服务的总体能力。可持续发展要求此种生产能力在不危及其他“子系统”的前提下，应当与人的进一步需求同步增长。

3. 环境支持系统——可持续发展限制的上限

环境支持系统反映了环境的缓冲能力，人对区域的开发、人对资源的利用、人对生产的发展和人对废物的处理等，均应维持在环境的允许容量之内，否则可持续发展将不可能

继续。

4. 社会支持系统——对可持续发展社会有序性的组织能力

社会支持系统反映了社会的稳定能力，它以社会稳定和社会公平为标志，在整个发展的轨迹上不希望出现由于自然波动（特大自然灾害与不可抗拒的外力干扰）和经济社会波动（由于战争的干扰和重大决策失误所引起的不可挽回的损失等）所带来的灾难性后果。

5. 智力支持系统——推动可持续发展持续性的支撑能力

智力支持系统反映了管理的调控能力，要求人的认识能力、人的行动能力、人的决策能力和人的创新能力应适应总体发展的水平。即人的智力开发和对于“自然—经济—社会”复合系统的驾驭能力，要适应可持续发展水平的要求。

在上述五个支撑系统全部被满足之后，可以做出对一个国家或地区可持续发展能力的总判断，同时也可以全面地比较不同国家或地区的可持续发展潜力，从而建立起衡量国家或区域系统可持续发展水平的序列谱。

第二节 21 世纪中国的可持续发展

一、中国的可持续发展进程

中国对于当代可持续发展的认识与研究堪与世界同步，从 20 世纪 80 年代初期就一直关注着国际可持续发展的动向（1983 年），并积极投入其中。1984 年，马世俊和牛文元参加了联合国世界环境与发展委员会关于全球第一部可持续发展纲领性文件（《我们共同的未来》）的讨论与起草。1988 年，可持续发展被正式列入中国科学院的研究项目。1992 年 3 月，国内首次在中国科学院科技政策与管理科学研究所建立了“环境与持续发展研究室”。1992 年 6 月，李鹏总理代表中国政府在联合国环境与发展大会上，与全世界 100 多位国家首脑共同签署了《里约宣言》。

1992 年里约会议之后，由原国家计委和国家科委牵头，组织国务院各部门、机构和社会团体编制了《中国 21 世纪议程》，该议程是世界上第一个国家级可持续发展战略，中国也成为世界上最早实施 21 世纪议程的国家之一。1994 年 3 月 25 日，国务院第 16 次常务会议讨论通过了《21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》^[5]。1995 年党的十四届五中全会将可持续发展战略纳入了“九五”计划和 2010 年中长期国家经济和社会发展规划中。1996 年 3 月全国人民代表大会八届四次会议上通过的《“九五”国民经济和社会发展规划和 2010 年远景目标规划纲要》明确提出实施可持续发展战略，可持续发展战略从此正式成为中国一项长远的发展战略。

二、中国可持续发展的特点

由于各国自然条件、发展阶段和文化等的差异，决定了每个国家对可持续发展的理解和关注的重点有所不同，中国的可持续发展具有以下五个特点^[6]：

1. 以发展为主题

可持续发展的前提和核心是发展，发展包括经济发展，社会发展和保持、建设良好的生态环境。可持续发展中的经济发展应在提高质量、优化结构、增进效益的基础上，实现国民生产总值的较快增长；在社会发展中，应实现资源的合理持续利用和环境保护相协

调，达到可持续发展的战略目标。作为发展中国家，中国未来的发展将不仅是经济的发展，而是走一条经济、科技、社会、人口、资源、环境协调发展的可持续发展道路。

2. 把资源、环境、社会与经济的发展视为一个统一的整体

中国经济快速增长的同时，也导致了对资源、环境以及社会的压力不断增加。资源、环境、经济与社会是密不可分的整体，经济系统离开环境和资源的依托，经济将走向衰退；社会系统离开经济系统的支撑，社会将复归原始；资源与环境系统离开发达的经济和公平的社会，也将不能体现其自身价值，并且当资源枯竭、环境破坏时，也没有经济能力和科学的机制使之得到恢复与改善。

3. 注重处理好人口与发展的关系

人口问题是中国特有的社会问题，长期以来，庞大的人口基数给中国经济、社会、资源和环境带来了巨大的压力。面对这一严峻的现实，中国的可持续发展应在控制人口增长的同时，通过大力发展教育事业、健全医疗卫生系统、完善社会保障制度等措施，提高人口素质、改善人口结构，同时大力发展第三产业，扩大就业容量，充分发挥中国人力资源的优势。

4. 强调公众参与

中国社会主义现代化建设是依靠亿万群众的艰苦努力而实现的，实施可持续发展战略，也需要依靠亿万群众在新的实践中开拓创新。实施可持续发展战略最深厚的根源在于民众之中造就一支具有可持续发展意识的干部队伍，鼓励和引导千百万人民大众广泛参与，是实现可持续发展的基础。

5. 注重中国的环境和发展战略同全球的环境与发展战略的协调

中国是世界的一部分，中国的环境同时也影响了全球的环境。面对全球化的环境问题，中国积极承担起保护地球生态环境的责任，对诸如全球气候变暖问题、平流层臭氧耗损问题、生物多样性破坏问题、有害废物越境转移问题，以及水土流失和荒漠化问题等，提出了相应的战略对策和行动方案，以强烈的历史使命感和责任感去履行对国际社会应尽的责任和义务。

在人均资源有限、人口不断增长、生态环境压力日益加剧的情况下，中国必须走出一条具有中国特色的可持续发展道路。“人口、资源、环境、发展”四位一体的高度综合和有机协调，是可持续发展道路的基本核心，也是协调人与自然和人与人之间关系的关键所在，同时也是 21 世纪中国发展遵循的战略方针。

三、中国可持续发展的总体目标

面对中国人口压力大、资源紧缺、生态环境不断恶化和经济基础薄弱等特点，21 世纪中国必须走可持续发展的道路，并结合我国的经济、社会、资源的特点制定符合具有中国特色的可持续发展战略目标。《1999 中国可持续发展战略研究报告》提出中国可持续发展战略的总体目标为^[7-8]：

(1) 用 50 年的时间，全面达到世界中等发达国家的可持续发展水平，进入世界总体可持续发展能力前 20 名的国家行列。

(2) 在整个国民经济中科技进步的贡献率达到 70% 以上。

(3) 单位能量消耗和资源消耗所创造的价值在 2000 年基础上提高 10~12 倍。

- (4) 人均预期寿命达到 85 岁（每 10 年提高 3 岁）。
- (5) 人文发展指数进入世界 50 名（平均提高 1 个序位）。
- (6) 全国平均受教育年限在 12 年以上（每 10 年平均提高 1.2 年）。
- (7) 能有效地克服人口、粮食、能源、生态环境等制约可持续发展的瓶颈。
- (8) 确保中国的食物安全、经济安全、健康安全、环境安全和社会安全。
- (9) 2030 年实现人口数量的“零增长”。
- (10) 2040 年实现能源资源消耗的“零增长”。
- (11) 2050 年实现生态环境退化的“零增长”，全面进入可持续发展的良性循环。

第三节 水土资源的可持续利用

一、自然资源的可持续利用

自然资源是人类可以利用、自然生成的物质与能量，其可持续利用是可持续发展的重要标志。自然资源的可持续利用是指在人类现有认识水平可预知的时期内，充分开发、合理利用一切自然资源，合理地协调自然资源承载能力与发展的关系，使对自然资源的开发利用满足当代人需求，同时保持或延长自然资源生产使用性和自然资源基础完整性，不危及后代人开发利用自然资源满足其需求、增强后代人福利的能力，使当代人与后代人享有公平的开发享用自然资源的权利^[6]。

根据自然资源是否具有再生能力可将其分为不可再生资源 and 可再生资源。可再生资源是指具有自我更新恢复和可持续利用特性的一类资源，包括土地资源、水资源、森林资源、海洋资源等；可再生资源的可持续利用应遵循利用量小于最大可开采量、开采利用速度不得超过其再生的速度、保证可再生资源的永续利用和代际公平的原则。同时，应注重对可再生资源的培育与投入，加速资源的再生速度和再生率，以保障可再生资源的可持续利用。

二、水资源及其可持续利用

水资源是地球上分布最广泛的物质之一，也是一种可持续利用的自然资源。根据研究的角度和范畴不同，水资源的定义也有所不同。以全球宏观空间作为水资源定义的坐标系，可把广义的水资源定义为地球上一切形态的水，包括地球上的海洋水、陆地水、地表水、地下水、冰川水、土壤水（包括冻土层中的水）、大气水、生物水等，即一切潜在的、可供人类经济社会和生态系统利用的水。对于国家和地区，水资源的定义应从水资源可持续利用、水生态与环境可持续维护的目的和通用性的要求考虑，狭义的水资源可定义为：陆地上水文循环中通过降水补给和更新的地表水、土壤水和地下水的多年平均值与人类经济社会系统在技术经济可行条件下所能利用的其他水源之和^[9]。

水资源不仅是人类生存不可替代的一种宝贵资源，而且是经济发展不可或缺的一种物质基础，也是生态与环境维持正常状态的基础。水资源具有其独特的特性：①储量的有限性；②补给的循环性；③时空分布的不均性；④用途的不可替代性；⑤“利”与“害”的矛盾性^[10]。

水资源可持续利用是指在维持水的持续性和生态系统整体性前提下，支持人口、资源、环境与经济协调发展和满足代内、代际人用水需要的全过程，是水资源综合开发、利

用、保护、防治和管理一体化的最合理利用方式^[11]。水资源可持续利用的内涵包括：①对水资源的开发利用应保持在水资源承载能力范围内，不应破坏其固有价值，保证水资源开发利用的连续性和持久性；②在维持水资源持续性和生态系统整体性的条件下，高效利用、合理配置水资源，尽量满足社会与经济不断发展的需求；③不妨碍后人未来的开发，为后代人开发留下各种选择的余地，永续地满足代内人和代际人用水需要的全部过程；④不妨碍他区人类的开发利用及其对水资源的共享利益^[12]。

我国水资源可持续利用的总体思路是：全面实行节约用水，合理开发利用和保护水资源，缓解水资源短缺的压力和瓶颈制约，营造合理、优化、循环、有序的水资源环境，为经济社会可持续发展提供水资源支持。水资源可持续利用策略应在坚持水资源开发与生态环境保护相协调的原则下，加强水资源利用、保护等相关科学研究，通过适当开源，缓解水资源瓶颈制约；在水资源管理上应建立一体化的水资源管理体制，建设节水型社会，为社会的可持续发展提供可永续利用的水资源^[6]。

三、土地资源及其可持续利用

土地资源作为人类赖以生存的物质基础，是最能体现可持续发展战略理论的一种资源。土地资源是在气候、地貌、岩石、土壤、植被、水文等自然要素共同作用下形成的自然综合体及人类劳动的产物。土地资源是人类经济、社会活动的主要平台和基本资源，是人类生产、生活的场所，也是人类赖以生存与发展的主要物质基础。在农业生产中，土地不仅是劳动力和其他生产资源的活动基地，而且直接参与农产品的形成，是人类最基本的生产资料 and 最重要的劳动对象。人类合理开发利用土地资源，必须正确了解土地资源的基本特征：①地域性与差异性；②有限性和供需的矛盾性；③永久性和可持续性；④生产性和周期性。

土地资源的可持续利用是指土地の利用既要满足当代人的需求，又不影响人类今后的长远需要。土地资源的可持续利用包含两层含义：①土地资源的高效持续利用；②土地资源与社会其他资源相配合共同支撑经济、社会持久发展^[13]。

土地资源的可持续利用是实现人类社会和经济可持续发展的重要基础和前提条件，协调好人口增长、经济发展与土地资源持续利用的关系，对人类的生存与发展具有重大而深远的意义。但随着工业化和城市化进程的加快，我国土地资源存在着供需矛盾突出、土地资源浪费严重、土地资源重利用轻保护和土地质量下降等一系列问题，严重限制了我国土地资源可持续利用的进程。为此，我国根据整个社会经济可持续发展总目标的要求，结合我国基本国情和土地利用的现实情况，提出我国土地资源可持续利用的战略构想：在充分尊重我国土地资源基本条件的基础上，贯彻实施“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”的基本国策，改革不合理的土地利用方式，增强土地资源的再生能力和使用效率，逐步实现土地资源稳定高效的持续利用^[6]。

为保障土地资源的可持续利用能够满足未来粮食和建设的需求，在土地利用中应通过对产业用地结构调整和土地资源的优化配置，运用土地法加强监督管理，建立起同土地资源持续利用相适应的制度和机制，保持土地资源的可持续利用^[13]。具体对策如下：

1. 健全土地管理制度

土地管理制度的健全是土地资源可持续利用的基本保障。为了达到土地持续经营管理

的目标，应建立严格的土地保护制度，实行基本农田保护政策，并建立完善的农业环境、资源保护和利用政策，使土地资源实现可持续利用。

2. 建立和谐的人地关系

建立和谐的人地关系是保护土地资源、维护土地资源可更新能力的关键。在土地的开发利用中，应因地制宜地选择土地用途，结合土地的可承载能力，建立良好的土地利用结构和布局，并严格控制土地开发利用的强度，以维护土地生态系统的自我更新能力。

3. 合理配置土地资源

合理配置土地资源是土地资源可持续利用的技术保障。可持续利用目标下的优化配置应以追求生态、经济和社会方面综合目标最大化为基本方向，根据不同地域的土地利用特殊性采取不同的布局策略，使土地优化配置方案满足土地资源在数量均衡性、用途稳定性、空间适应性和时间永续性方面的可持续利用要求。

4. 提高土地（耕地）资源生产能力

土地（耕地）资源生产能力的提高是土地资源可持续利用的重要表现之一。制定科学合理的土地整理规划，可以提高土地利用率和产出率，使耕地向平整、连片方向发展。在农业用地中，不仅可以通过实施配方施肥技术和优化用肥结构提高土壤肥力，而且可以通过开展农田水利建设，扩大农田灌溉面积，改善水土环境，提高农田的旱涝保收能力，以达到提高土地资源生产能力的目的。

5. 加强水土流失和土地污染的治理

水土流失和土地污染是土地资源可持续利用的重要限制因子。水土流失带走了大量的土地资源，严重破坏了土地资源的可持续利用。因此，在积极扩大绿化面积和农田防护林体系建设的同时，应加强水土流失地区的综合治理。土地的污染，特别是耕地资源的污染，不仅会影响土地资源的质量，而且将直接威胁食品的安全。对于农业生产环节中农药、化肥和农膜所带来的土地污染，应采取生态技术与资源深度利用相结合的手段加以消除，以保障土地资源的可持续利用。

四、水土资源及其可持续利用

水土资源是由水资源和土地资源共同组成的自然资源的一部分，是人类赖以生存和发展的最基本的物质条件，是生态系统中最活跃和影响最广泛的因素，又是有限的自然资源。因而，水土资源的持续利用是人类社会可持续发展的条件和保障。水土资源相辅相存，又互相制约。农业水资源是农业土地资源发挥最大优势的最基本条件之一，农业水资源利用合理与否，灌溉手段先进与否，都直接影响到农业土地资源的生产效率；而农业土地资源的利用程度也制约着水资源的利用，土地资源利用效率高，可为水资源的合理开发利用创造条件^[14]。

水土资源的可持续利用包括水土资源的开发、利用、管理及保护全过程。合理的开发、利用水土资源就是通过一定的工程措施和技术手段来寻求和选择水土资源的最佳利用模式，以发挥水土资源的最大优势；合理的管理是采取综合性措施，改造不利于水土资源可持续利用的条件，使之由不利条件变为有利条件；合理的保护是保护水土资源及其环境中有利于生产和生活的状态。

水土资源是一个由水资源和土地资源共同构成的复杂的巨系统，因此其可持续利用研

究,应在充分了解水资源和土地资源的利用特征的基础上,运用二者的相互联系和相互制约的关系,制定和实施一系列水土资源开发、利用、管理及保护的方案、政策和技术,以求达到水资源、土资源的共同可持续利用,为社会和经济的可持续发展提供基本的资源保障。

结合我国水土资源的特点及现阶段所面临的水土资源问题,水土资源可持续利用应开展以下几方面研究^[15]:

1. 开源节流并重,保证水土资源高效利用

水资源的“开源”主要表现为充分利用天然雨水、污水处理回用和海咸水淡化利用等;“节流”主要表现为农业、工业和生活用水中的节约与高效用水。土地资源方面要加强土地整理、复垦和开发的研究与实施,以增加可利用土地。同时,实施基本农田的保护政策,对非农占用耕地进行严格控制,以确保农业生产的资源保障。

2. 合理配置水土资源,促进人与自然和谐相处

水土资源的合理配置是水土资源可持续利用的重要技术措施。水资源的配置应保证区域内和区域间水资源的合理配置,其中,区域内的水资源配置可以利用水利工程拦蓄雨水;而区域间的水资源合理配置则可以通过跨区域、跨流域调水来实现。土地资源的配置主要体现在农业生产中,根据区域的水源状况和水资源数量进行合理的种植结构的调整和布局,使有效的水资源发挥最大的优势。

3. 科学利用水土资源,实现水土资源可持续利用

科学利用水土资源的途径主要包括:①采用先进的节水灌溉技术,减少灌溉定额以扩大有效灌溉面积,提高水资源利用效率;②充分发挥水肥耦合效应,通过减少灌溉水量和化肥施用量,提高土壤中养分的积累,改善土壤结构,减轻日益加剧的农田面源污染,改善农业生态环境;③采用合理的耕作制度,实行用地与养地相结合,不断提高土壤质量,保证土地的可持续利用和粮食安全生产。

4. 健全制度体系,保障水土资源的战略位置

根据市场经济和水土资源特点,建立与之相适应的资源管理体制和运行机制,加强国家的宏观调控,强化水土资源综合管理,以提高水土资源承载力,促进社会经济健康协调发展。

参 考 文 献

- [1] 牛文元. 中国可持续发展总论. 北京: 科学出版社, 2007.
- [2] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论. 北京: 科学出版社, 2002.
- [3] Mac Neill J. Strategies for sustainable economic development. *Scientific American*, 1989, 261.
- [4] Niu W Y. Spatial system approach to sustainable development. *Environmental Management*, 1993, 17.
- [5] 国务院第16次常务会议. 中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书. 北京: 中国环境科学出版社, 1994.
- [6] 孙瑛, 刘呈庆. 可持续发展管理导论. 北京: 科学出版社, 2003.
- [7] 中国科学院可持续发展研究组. 1999中国可持续发展战略报告. 北京: 科学出版社, 1999.
- [8] 翁文斌, 王忠静, 赵建世. 现代水资源规划——理论、方法和技术. 北京: 清华大学出版

社，2004.

[9] 王浩. 中国水资源与可持续发展. 北京：科学出版社，2007.

[10] 张展羽，俞双恩. 水土资源分析与管理. 北京：中国水利水电出版社，2006.

[11] 钟蕾. 严重缺水地区的水资源可持续利用研究——以四川省乐至县为例. 北京：中国地质大学，2008.

[12] 冯宝平. 区域水资源可持续利用理论与应用研究. 南京：河海大学，2004.

[13] 成升魁. 中国土地资源与可持续发展. 北京：科学出版社，2007.

[14] 董少杰，栗晓玲. 中国北方地区水土资源可持续利用对策. 西北水资源与水工程，2002，13（3）：23-26.

[15] 李栋，刘景伟，姜立彬，等. 水土资源可持续利用对策研究. 水利经济，2008，26（5）：17-19.